

**DESAIN *STATOR SLOTTED PERMANENT MAGNET GENERATOR*
AXIAL FLUX UNTUK TURBIN ANGIN**

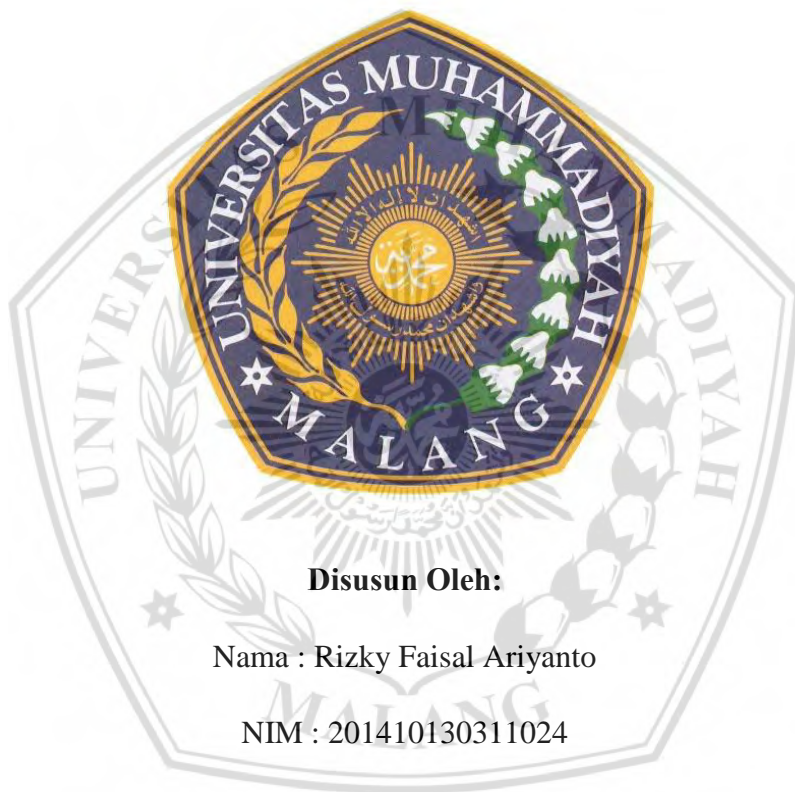
KECEPATAN RENDAH

Proposal Tugas Akhir

Diajukan Untuk Memenuhi

Persyaratan Guna Meraih Gelar Strata 1

Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Malang



Disusun Oleh:

Nama : Rizky Faisal Ariyanto

NIM : 201410130311024

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH

MALANG 2019

KATA PENGANTAR

Puji Syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas berkat dan hikmat yang diberikan, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir dengan judul :

“DESAIN STATOR SLOTTED PERMANENT MAGNET GENERATOR AXIAL FLUX PADA TURBIN ANGIN KECEPATAN RENDAH”

Dalam mewujudkan semua yang lebih baik, kami selalu berhadapan dengan segala macam hambatan. Tidak lain halnya dalam pembuatan Laporan Tugas Akhir ini, banyak hambatan yang harus penulis dapat lewati, tetapi berkat bantuan dari beberapa pihak akhirnya penulis dapat melampauinya dengan baik dan benar.

Penulis menyadari bahwa laporan Tugas Akhir ini masih jauh dari kata sempurna, dikarenakan terbatasnya pengetahuan dan ketrampilan yang penulis miliki. Oleh karena itu kritik dan saran yang membangun dari seluruh pihak sangat diharapkan untuk perbaikan Tugas Akhir ini. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Malang, Maret 2019

Rizky Faisal Ariyanto

LEMBAR PENGESAHAN

Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan Guna Meraih Gelar Sarjana (S1)
Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Malang

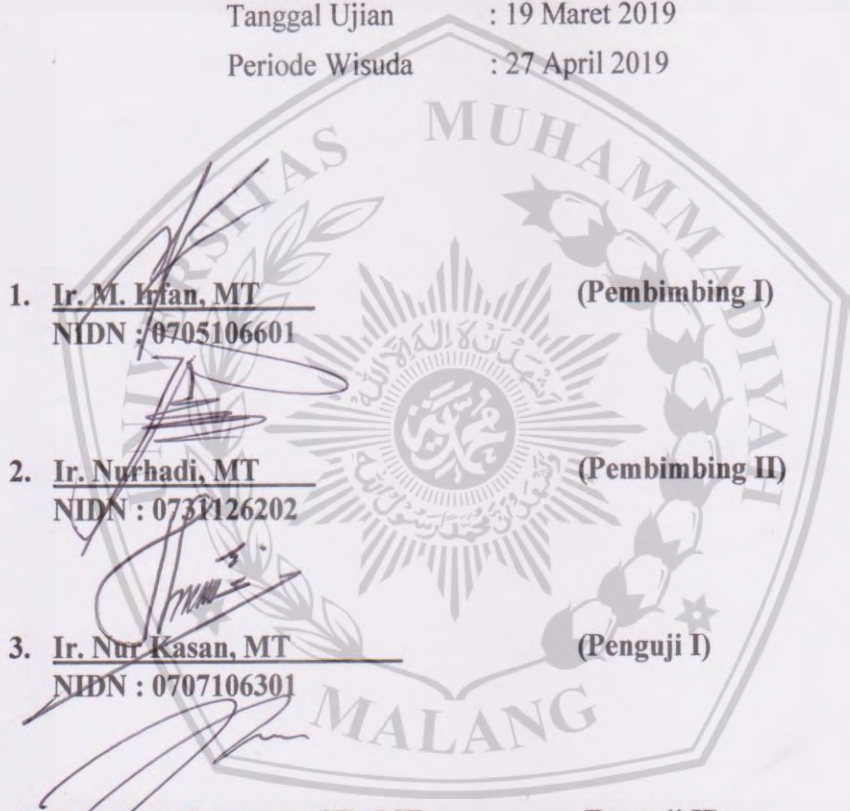
Disusun Oleh:

RIZKY FAISAL ARIYANTO

NIM : 201410130311003

Tanggal Ujian : 19 Maret 2019

Periode Wisuda : 27 April 2019

- 
1. Ir. M. Ifan, MT (Pembimbing I)
NIDN : 0705106601
 2. Ir. Nurhadi, MT (Pembimbing II)
NIDN : 0731126202
 3. Ir. Nur Kasan, MT (Penguji I)
NIDN : 0707106301
 4. Novendra Setyawan, ST., MT (Penguji II)
NIDN : 0719119201

Mengetahui,

Kepala Jurusan Teknik Elektro



Ir. Nur Alif Mardiyah, MT.
NIDN : 0718036502

DAFTAR ISI

LEMBAR JUDUL	
LEMBAR PERSETUJUAN	
LEMBAR PENGESAHAN	
LEMBAR PERNYATAAN	
INTISARI	i
ABSTRACT	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
LEMBAR PERSEMBAHAN	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GRAFIK.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Sistematika Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Konsep Umum Generator Sinkron Magnet Permanen Fluks Aksial (GSMFA)	5
2.2 Prinsi Kerja Generator Fluks Aksial	5
2.3 Konstruksi Generator Sinkron Magnet Permanen Fluks Aksial	6
2.3.1 Magnet Permanen	6
2.3.2 Rotor	8
2.3.3 Kumparan Stator	9
2.4 Konversi daya	13

BAB III METODOLOGI PENELITIAN	14
3.1 Gambaran Umum Desain	14
3.1.1 Pemilihan Material Stator dan Rotor	14
3.1.2 Pemilihan Material Magnet Permanen.....	15
3.1.3 Pemilihan Material Lilitan	16
3.2 Perancangan Generator	16
3.2.1 Perhitungan Desain Stator.....	17
3.3 Hasil Desain Geometri	20
3.4 Pengembangan Desain PMSG	21
3.5 Pengaturan Simulasi Variasi Kecepatan	22
3.6 Pengaturan Simulasi Tanpa Beban dan Dengan Beban	24
 BAB IV HASIL DAN ANALISA PENGUJIAN.....	 27
4.1 Hasil Desain Refrensi Stator <i>Slotless</i> 15 Slot 10 Pole Model Dengan Resin	29
4.1.1 Hasil Simulasi dalam Kondisi Tanpa Beban pada Model Resin	30
4.1.2 Hasil Simulasi dalam Kondisi Dengan Beban pada Model Resin.....	32
4.2 Hasil Desain Stator <i>Slotted</i> 12 Slot 10 Pole.....	34
4.2.1 Hasil Simulasi dalam Kondisi Tanpa Beban pada Model 12S10P.....	35
4.2.2 Hasil Simulasi dalam Kondisi Dengan Beban pada Model 12S10P.....	37
4.3 Hasil Desain Bentuk Stator <i>Slotted</i> 15 Slot 10 Pole	39
4.3.1 Hasil Simulasi dalam Kondisi Tanpa Beban pada Model 15S10P.....	40
4.3.2 Hasil Simulasi dalam Kondisi Dengan Beban pada Model 15S10P.....	42
4.4 Hasil Desain Bentuk Stator <i>Slotted</i> 18 Slot 10 Pole	44
4.4.1 Hasil Simulasi dalam Kondisi Tanpa Beban pada Model 18S10P.....	45
4.4.2 Hasil Simulasi dalam Kondisi Dengan Beban pada Model 18S10P	47
4.5 Perbandingan Model	49
4.5.1 Perbandingan Tegangan dalam Kondisi Tanpa Beban.....	50
4.5.2 Perbandingan Daya Output Setiap Model	50
 BAB V PENUTUP	 54
5.1 Kesimpulan	54

5.2 Saran	54
DAFTAR PUSTAKA	55



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Konstruksi Umum Generator Fluks Aksial	6
Gambar 2.2	Kurva <i>Demagnetisasi</i> Bahan Ferromagnetik.....	7
Gambar 2.3	Bentuk-bentuk kutub Magnet Permanen	8
Gambar 2.4	Tipe-tipe Penyusunan Magnet Permanen pada Rotor	8
Gambar 2.5	Stator Fluks Aksial	9
Gambar 2.6	Arah fluks stator tipe slot	12
Gambar 2.7	Arah fluks stator tipe non slot	13
Gambar 3.1	Diagram Skematik Karakteristik B-H Material Magnet Permanen	17
Gambar 3.2	Hasil Desain Geometri Stator 15 Slot	19
Gambar 3.3	Hasil Desain Geometri Rotor 10 Pole	20
Gambar 3.4	Hasil Desain Generator Rotor 10 Pole	20
Gambar 3.5	Tampilan <i>Tools Motion Component</i>	22
Gambar 3.6	Tampilan Menu <i>Position</i>	23
Gambar 3.7	Tampilan Pengisian Nilai pada Table <i>Time</i> dan <i>Speed</i>	24
Gambar 3.8	Rangkaian Simulasi Tanpa Beban 12 slot.....	24
Gambar 3.9	Rangkaian Simulasi Tanpa Beban 15 slot.....	25
Gambar 3.10	Rangkaian Simulasi Tanpa Beban 18 slot.....	25
Gambar 3.11	Rangkaian Simulasi dengan Beban 5 ohm	26
Gambar 3.12	Rangkaian Simulasi dengan Beban 10 ohm	26
Gambar 3.13	Rangkaian Simulasi dengan Beban 15 ohm	26
Gambar 4.1	Model AFPM Stator <i>Slotless</i> 15 Slot 10 Pole Dengan Resin.....	29
Gambar 4.2	Diagram Konfigurasi Lilitan 15S10P.....	30
Gambar 4.3	Hasil Output Simulasi Model Resin dengan Beban 5 Ohm pada Kecepatan 700 Rpm. (a) Tegangan ,(b) Arus, (c) Daya per-fasa ..	33
Gambar 4.4	Model AFPM Stator <i>Slotted</i> 12 Slot 10 Pole.....	34
Gambar 4.5	Diagram Konfigurasi Lilitan 12S10P.....	35

Gambar 4.6	Hasil Output Simulasi Model 12S10P dengan Beban 5 Ohm pada Kecepatan 700 Rpm. (a) Tegangan ,(b) Arus, (c) Daya per-fasa ..38
Gambar 4.7	Model AFPM Stator <i>Slotted</i> 15 Slot 10 Pole..... 39
Gambar 4.8	Diagram Konfigurasi Lilitan 15S10P..... 40
Gambar 4.9	Hasil Output Simulasi Model 15S10P dengan Beban 5 Ohm pada Kecepatan 700 Rpm. (a) Tegangan ,(b) Arus, (c) Daya per-fasa ..43
Gambar 4.10	Model AFPM 18 Slot 10 Pole 44
Gambar 4.11	Diagram Konfigurasi Lilitan 18S10P..... 45
Gambar 4.12	Hasil Output Simulasi Model 18S10P dengan Beban 5 Ohm pada Kecepatan 700 Rpm. (a) Tegangan ,(b) Arus, (c) Daya per-fasa ..48



DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Tipe Propertis Magnetik Material M250-50A	15
Tabel 3.2	Karakteristik Magnet NdFeb 48/11	15
Tabel 3.3	Karakteristik Material <i>Copper</i> : $5.77e7$ Siemens/m	16
Tabel 3.4	Parameter Persamaan Matematis yang Telah Diketahui.....	17
Tabel 4.1	Parameter Hasil Perhitungan Dimensi Generator	27
Tabel 4.2	Parameter Pengujian Variasi Kecepatan	28
Tabel 4.3	Data Waktu Variasi Kecepatan	29
Tabel 4.4	Kofigurasi Lilitan AFPM 15 Slot 10 Pole.....	30
Tabel 4.5	Perbandingan Tegangan Vrms pada Variasi Kecepatan Model 15S10P Dengan Resin	31
Tabel 4.6	Data Hasil Simulasi Tegangan dan Arus Variasi Beban dengan Variasi Kecepatan pada Model 15S10P Model Resin	33
Tabel 4.7	Data Hasil Simulasi Daya dan Efisiensi Variasi Beban dengan Variasi Kecepatan pada Model 15S10P Model Resin	34
Tabel 4.8	Konfigurasi Lilitan Model PMSG 12 Slot 10 Pole	35
Tabel 4.9	Perbandingan Tegangan Vrms pada Variasi Kecepatan Model 12S10P	36
Tabel 4.10	Data Hasil Simulasi Tegangan dan Arus Variasi Beban dengan Variasi Kecepatan pada Model 12S10P.....	38
Tabel 4.11	Data Hasil Simulasi Tegangan dan Arus Variasi Beban dengan Variasi Kecepatan pada Model 12S10P.....	39
Tabel 4.12	Kofigurasi Lilitan PMSG 15 Slot 10 Pole.....	40
Tabel 4.13	Perbandingan Tegangan Vrms pada Variasi Kecepatan Model 12S10P	41
Tabel 4.14	Data Hasil Tegangan dan Arus Simulasi Variasi Beban dengan Variasi Kecepatan pada Model 15S10P.....	43
Tabel 4.15	Data Hasil Daya Output dan Efisiensi Simulasi Variasi Beban dengan Variasi Kecepatan pada Model 15S10P	44

Tabel 4.16 Kofigurasi Lilitan PMSG 18 Slot 10 Pole.....	45
Tabel 4.17 Perbandingan Tegangan Vrms pada Variasi Kecepatan Model 12S10P	46
Tabel 4.18 Data Hasil Simulasi Tegangan dan Arus Variasi Beban dengan Variasi Kecepatan pada Model 18S10P.....	48
Tabel 4.19 Data Hasil Simulasi Daya Output dan Efisiensi Variasi Beban dengan Variasi Kecepatan pada Model 18S10P	49
Tabel 4.20 Perbandingan Hasil Rata-Rata Pengujian Arus dan Efisiensi dengan Variasi Beban dan Kecepatan pada Setiap Model	51



DAFTAR GRAFIK

Grafik 4.1 Perbandingan Tegangan Vrms pada Variasi Kecepatan (15S10P) Dengan Resin	31
Grafik 4.2 Perbandingan Tegangan Vrms pada Variasi Kecepatan (12S10P) ...	36
Grafik 4.3 Perbandingan Tegangan Vrms pada Variasi Kecepatan (15S10P) ...	41
Grafik 4.4 Perbandingan Tegangan Vrms pada Variasi Kecepatan (18S10P) ...	46
Grafik 4.5 Tegangan Rms Antar Fasa dan Tegangan Rms Fasa Setiap Model pada Kecepatan 700 Rpm.....	50
Grafik 4.6 Daya Output Setiap Model pada Kecepatan 700 Rpm dan beban 15 Ohm.....	51



DAFTAR PUSTAKA

- [1] JASSAL, A. (Oktober 2014). Eddy Current Loss Modeling for Design of PM Generator for Wind Turbines. 1-185.
- [2] Chapman, S. J. (2012). *Electrc Machinery Fundamentals*. New York: Mc Graw Hill.
- [3] Hsieh, M.-F., Dorrel, D. G., Yeh, Y.-H., & Ekram, d. S. (3-5 November 2009). Cogging Torque Reduction in Axial Flux Machines for Small Wind Turbines. *2009 35th Annual Conference of IEEE Industrial Electronic*. Portugal: IEEE.
- [4] Ionut Bogdan Stoenescu, & Gianfranco Chicco. (25-28 May 2014). The Simulation of an Axial-Flux Permanent Magnet Synchronus Generator in No-Load Condition. *2014 ICHQP*. Romania: IEEE.
- [5] Gyeong-Chan Lee , & Tae-Uk Jung. (17-19 April 2013). Design of Dual Structural Axial-Flux Permanent Magnet Generator for Small Wind Turbine. *IEEE 2013 Tencong - Spring* . Australia: IEEE.
- [6] J. G. Wanjiku, Student Member, IEEE, H. Jagau, M. A. Khan, & P. S. Barendse. (17-22 september 2011). Minimization of Cogging Torque in Small Axial-Flux PMSG with a Parallel-Teeth Stator . *2011 IEEE Energy Conversion Congress and Exposition* . USA: IEEE.
- [7] Jacek F. Gieras, Roong-Jie Wang, & Marteen J. Kampret. (2004). *Axial Flux Permanent Magnet Brushless Machine*. New York: Kluwer Academic Publisher.
- [8] Jara, W. (2010). Axial Flux PM Machine for Low Wind Power Generation . *XIX International Confrence on Electrical Machine*.
- [9] Fajar, A. (Desember 2017). Rancang Bangun Generator Sinkron Axial Flux Permanent Magnet 1500 Watt.
- [10] Wener Eduardo Jara Montecinos . (Desember). *Axial Flux Permanent Magnet Machine - Development of Optimal Design Strategies*. Finland.
- [11] Suhada, Octa Meggy. (2018). Analisa Rancangan Generator Magnet Permanen Fluks Radial Kecepatan Rendah Berbasis MagNet 7.5. *Universitas Riau*.

- [12] Juan A. Tapia, Juha Pyrhonen, Jusi Puranen, Pia Lindh, & Soren Nyman.
(1 Januari 2013). Optimal Design of Large Permanent Magnet Synchronus
Generator. *IEEE Transaction On Magnetic*.

